

4. Геердес М. Современный доменный процесс / Р.Ченьо, И. Курунов, О.Лингарди, Дж.Рикеттс; под ред. И.Ф. Курунова, 3-е изд. – М.: ООО «Металлургиздат», 2016. – 274 с.

5. Юсфин Ю.С., Базилевич Т.Н. Обжиг железорудных окатышей. – М.: Metallurgy, 1973. – 272 с.

6. Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов: учебное пособие / Ю.Г. Ярошенко, В.С. Швыдкий, Н.А. Спирин, В.И. Матюхин, В.В. Лавров; под ред. Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: АМК «День РА», 2019. – 464 с.

УДК 669-9

Ф. Р. Сагдуллин, В. А. Гольцев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОХОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ОАО «ВИЗ»

Аннотация. Данная работа посвящена отчету теплотехнического обследования проходной электрической печи, которая функционирует в цехе ванн и моек ОАО «ВИЗ». По полученным результатам теплотехнических расчетов и тепловизионного обследования сделаны выводы по необходимым мероприятиям для повышения эффективности работы и предотвращения дальнейшего развития повреждения, а также полностью изучен теплообмен в рабочем пространстве печи.

Ключевые слова: теплотехника, материальный баланс, тепловой баланс, проходная электрическая печь, конструкция печи.

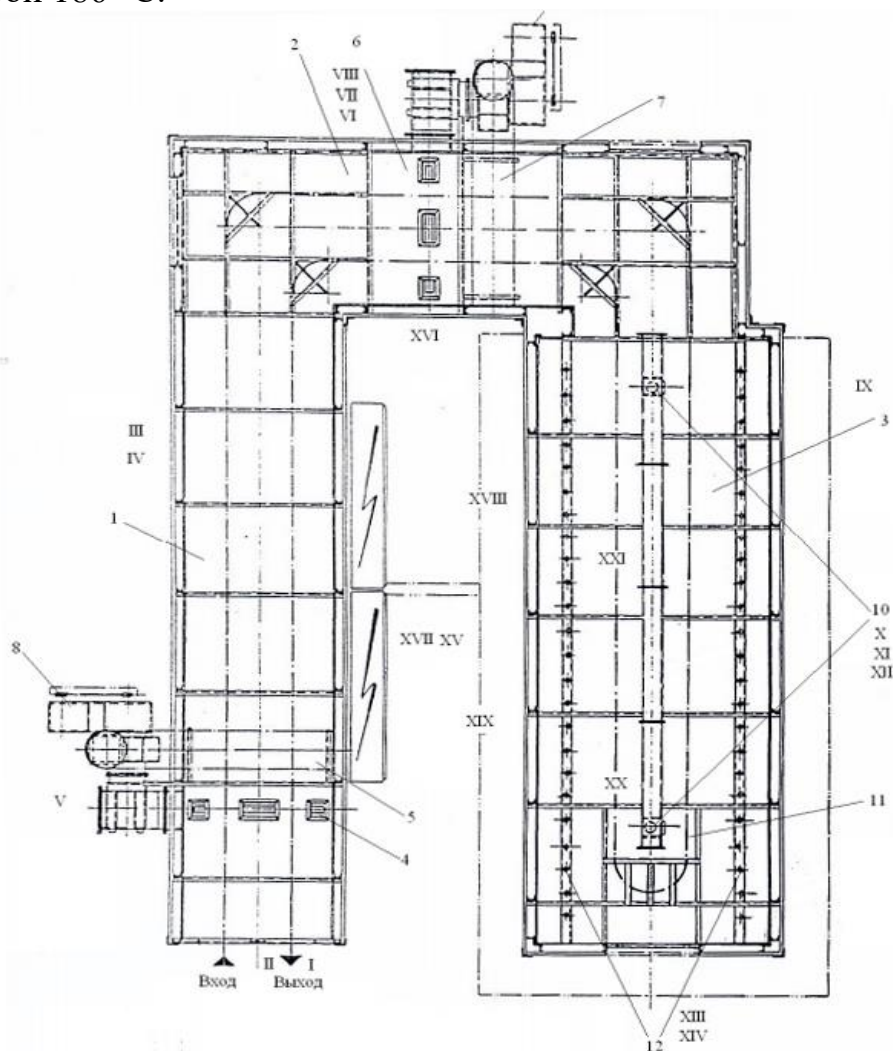
Abstract. This work is devoted to the report of the heat engineering survey of a continuous electric furnace, which operates in the baths and sinks workshop of OAO VIZ (VIZ, JSC). Based on the obtained results of thermal engineering calculations and thermal imaging survey, conclusions were drawn on the necessary measures to increase the efficiency of work and prevent further development of damage, and the heat transfer in the working space of the furnace was also fully studied.

Key words: heat engineering, material balance, heat balance, continuous electric furnace, furnace design.

Для обжига предварительно нанесенного слоя фритты на поверхности металлических ванн, в цехе их производства установлена проходная электрическая печь с элементами циркуляции воздушного потока. Печь представляет собой футерованный волокнистыми материалами тупиковый канал (рис. 1) с одним входом подачи с помощью транспортера подвешенных на крючки ванн. Для обжига предварительно нанесенного слоя фритты на поверхности металлических ванн, в цехе их производства установлена проходная электрическая печь с элементами циркуляции воздушного потока.

Ванны подаются непрерывным транспортером с одной стороны канала, далее они проходят через зоны сушки (1), подогрева (2) и поступают в зону

обжига (3) с рабочей температурой около 800 °С. После разворота в ней и обеспечения условий для оплавления слоя фритты поток ванн возвращается в подогревательную зону для упрочнения глазурованного слоя. При этом происходит охлаждение ванн за счет циркуляционных потоков воздуха. Готовые ванны с температурой около 50 °С удаляются из печи. На входе в канал печи на расстоянии около 2,0 м установлена отдувочная завеса сверху (4) вниз (5) при помощи отдельного вентилятора (8). В средней части печи располагается вторая циркуляционная воздушная завеса, формирование которой производится с помощью отдельного вентилятора (9). Подача исходных газов в ней осуществляется через патрубок (6) диаметром 650мм с температурой 162 °С, а отсос газов производится через сборный коллектор (7) размерами 300х600 мм с температурой 186 °С.



- 1 – зона сушки и охлаждения ванн; 2 – зона подогревательная;
 3 – высокотемпературная зона; 4 – подающий патрубок зоны сушки и охлаждения; 5 – отборный патрубок зоны сушки и охлаждения;
 6 – подающий патрубок подогревательной зоны; 7 – отсасывающий патрубок подогревательной зоны; 8, 9 – вентилятор; 10 – отсасывающие патрубки удаления газов из высокотемпературной зоны; 11 – конвейер; 12 – нагреватели.
 I –XXI места изготовления фото наружной поверхности печи.

Рис. 1. Схема обжиговой электрической печи

Для обеспечения возможности удаления избытка газов через высокотемпературную зону, в котором скапливается основная часть вредных компонентов полимеризации фритты в ее своде имеются два отверстия (10) диаметром 176 мм. Через них газы с температурой около 54 °С удаляются на водяной скруббер. Представленная система тепловой и газодинамической работы обжиговой печи потребляет суммарное количество электроэнергии при помощи электрических нагревателей (12) около 9000 кВт-ч/сутки. При напряжении подаваемой электрической сети в агрегате используется шесть цепей нагревателей, через которые протекает ток соответственно: 280, 130, 140, 287, 142, 118 А.

Таблица 1

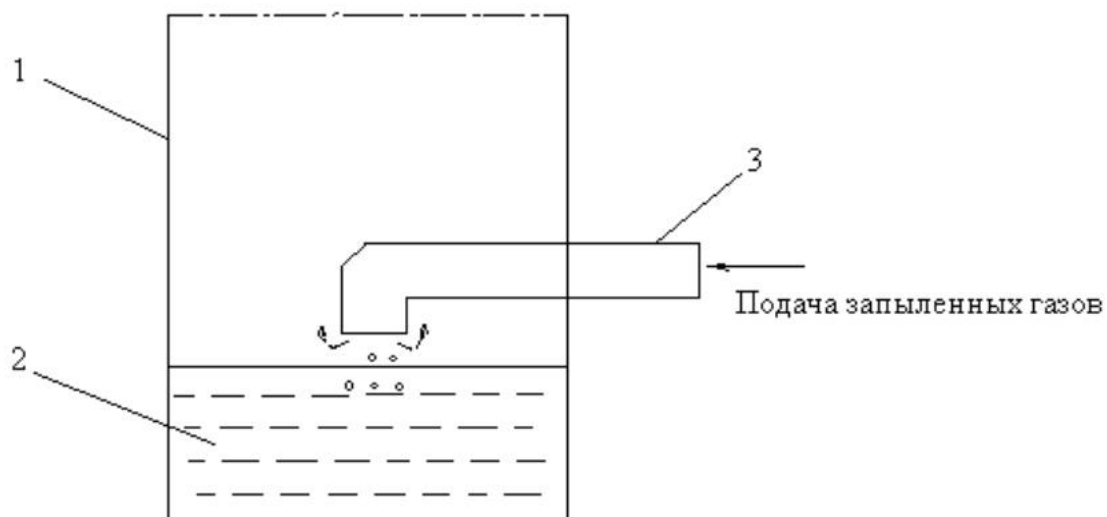
Материальный баланс газов в печи

Приход массы газов			Расход массы газов		
Статья	кг/ч	%	Статья	кг/ч	%
Подача в первой зоне циркуляции	7905,23	53,23	Отсос газов из первой зоны циркуляции	5317,22	35,81
Подача газов в средней зоне циркуляции	6475,86	43,61	Отсос газов из средней зоны циркуляции	8648,2	58,24
Подсос воздуха из окружающей среды	468,82	3,16	Отсос газов на скруббер	884,49	5,92
Итого приход массы	14849,91	100,00	Итого расход массы	14849,91	100,00

Анализ представленных данных материального баланса показывает, что при существующей системе циркуляции газов подсосы воздуха из окружающей среды составляют около 3,16 %, что для такой конструкции печи

можно считать вполне допустимым. Отсасываемые газы на систему очистки составляет около 5,92 %, что близко к требованиям технологии.

По мнению обслуживающего персонала, при поступлении газов в скруббер иногда (в конце периода эксплуатации перед обслуживанием) наблюдается зарастание входного патрубка шламом, опускающимся по стенках. Практика работы промывных скрубберов показывает, что для предотвращения этого явления, а также повышения степени очистки входной патрубков вводят в рабочее пространство скруббера и направляют поток загрязненных газов на поверхность жидкости. При ударе потока газов о поверхность жидкости (рис. 2) и изменении направления движения пылевые частицы выпадают из потока, что способствует повышению степени очистки.



1 – скруббер; 2 – водяная ванна; 3 – входной патрубок грязного газа.

Рис. 2. Схема рекомендуемого ввода загрязненного газа в скруббер

Усредненные результаты замеров необходимых данных и данные расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Определение тепловых потерь в окружающую среду

Место измерения	Площадь, м ²	Средняя температура, °С	Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м К)	Потери теплоты, кВт
Торец входа	7,23	155	17,3	4,52
Левая боковая стена	34,47	33	9,98	0,76
Торцевая средняя стена	23,53	34	10,04	0,59
Боковая правая стена	35,92	46	10,76	2,25
Торцевая стена зоны нагрева	10,4	58	11,48	1,09
Стена средней части печи	62,34	33	9,98	1,38
Свод над входным туннелем	32,97	68	13,4	5,28
Свод средней части	16,29	99	14,95	5,01
Свод над зоной нагрева	37,61	142	17,1	20,90
Итого:				41,78

Сводный тепловой баланс исследуемой печи представлен в табл. 3.

Таблица 3

Сводный тепловой баланс обжиговой печи

Приход теплоты			Расход теплоты		
Статья	кВт	%	Статья	кВт	%
1. Электрическая энергия	750	54,11	1. Потери теплоты с отходящими газами в системе циркуляции	79,79 782,36	5,76 56,44
			Всего	862,15	62,20
2. Приход теплоты от входа системы циркуляции	173,48 462,58	12,52 33,37	2. Потери теплоты с организованным отсосом	20,57	1,48
Всего	636,06	45,89			
			3. Потери теплоты на нагрев ванн	88,89	6,41
			4. Потери теплоты в окружающую среду	41,78	3,01
			5. Потери теплоты с выбиваниями	372,67	26,90
Итого приход теплоты:	1386,06	100,00	Итого расход теплоты:	1386,06	100,00

Анализ полученных данных показывает, что общий тепловой КПД агрегата составляет только 6,41 %. Приход теплоты на нагрев и тепловую обработку ванн от электрической энергии составляет. Остальная теплота поступает от циркуляционных газов: во входной зоне, в средней зоне. В расходной части теплового баланса теплота затрачивается на сброс газов в систему циркуляции, потери теплоты с организованным отсосом газов, потери теплоты на нагрев ванн, потери теплоты в окружающую среду через стенки и потери теплоты с выбиваниями.

Наблюдается значительная доля потерь теплоты с выбиваниями. Это связано с неудовлетворительным газодинамическим режимом работы печи. В конструкции печи отсутствуют датчики давления в рабочем пространстве. Особенно это касается высокотемпературной зоны, потери в которой обеспечивают столь значительную величину. Наличие выбиваний газов из рабочего пространства, связано с неудовлетворительным отсосом их избытка. В результате в высокотемпературной части создается избыточное давление, которое способствует диффузии газов через все имеющиеся неплотности (стыковка в корпусе печи, неплотности укладки матов футеровки и т.д.). Это приводит к проникновению зоны высоких температур вглубь футеровки, повышает ее аккумулирующую способность, увеличивает тепловые потери. Для их уменьшения необходимо изменить величину отсоса газов из рабочего пространства на скруббер. Однако, при существующей конструкции входа грязного газа в него есть вероятность перегрева корпуса скруббера. Поэтому,

следует изменить его конструктивную особенность в соответствии с описанным выше.

Потери теплоты с организованным отсосом весьма умеренны и не вносят в тепловой режим печи определяющего влияния. В целом, потери теплоты в окружающую среду за счет теплопроводности находятся в регламентируемых для такого вида печей пределах. Кроме того, зафиксирован высокий уровень температуры наружной поверхности стенки свода печи в районе конвейера (120-180 °С). Это обусловлено наличием повреждений футеровки, а также процессами выбивания горячих газов из высокотемпературной зоны печи через имеющиеся неплотности. Металлические элементы конвейера прогреваются до уровня 345-375 °С. В высокотемпературной зоне печи имеются участки повреждения слоя футеровки, обусловленные более тяжелым режимом эксплуатации по сравнению с остальными зонами печи и наличием процессов выбивания газов из рабочего пространства. Наличие повреждений способствует снижению эффективности работы печи и увеличивает энергозатраты на нагрев и поддержание в высокотемпературной зоне рабочей температуры. Неравномерный нагрев конструктивных элементов печи приводит к их деформациям. В связи с этим, считаем необходимо заменить весь слой футеровочных материалов в высокотемпературной зоне. Участок ниже нагревательных элементов пода имеет повышенную температуру, что негативно сказывается на состоянии электрокабелей и приводит к их преждевременному износу.

В других зонах футеровка выполняет свои функции полностью и выдерживает период между ремонтами без существенного изменения. Целесообразно заменить материал отсасывающих из высокотемпературной части печи патрубков на керамические такого же диаметра или большего. Целесообразно установить в рабочем пространстве стационарные датчики давления по его длине с целью регламентирования их показателей, обеспечивающих минимальные потери теплоты с выбиваниями.

Список использованных источников

1. Технический отчет о результатах обследования печи обжига линии травления и эмалирования ванн (инв. № 429240) цеха ванн и моек ОАО «ВИЗ» – Екатеринбург: ЦЭРС-0234-14-ОБС, 2014. – 57 с.
2. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи [Текст]: учебник для вузов / А.Д. Свенчанский. – М.: Энергия, 1975. – 384 с.
3. Фомин Н.И. Электрические печи и установки индукционного нагрева / Н.И. Фомин, Л.М. Затуловский. – М.: Металлургия, 1979. – 247 с.
4. Егоров А.В. Электрические печи / А.В. Егоров, А.Ф. Моржин. – М.: Металлургия, 1975. – 352 с.
5. Гутман М.Б. Электрические печи сопротивления и дуговые печи [Текст]: учебник / М.Б. Гутман, Л.С. Кацевич, М.С. Лейканд. – М.: Энергоатомиздат, 1983. — 360 с.